

TNO-rapport
FEL-97-A214

Bistatische radar als concept voor een Wapen Locatie Radar

TNO Fysisch en Elektronisch
Laboratorium

Oude Waalsdorperweg 63
Postbus 96864
2509 JG 's-Gravenhage

Telefoon 070 374 00 00
Fax 070 328 09 61

Datum
oktober 1997

Auteur(s)
Ir. M.H.A. Paquay

DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for public release
Distribution Unlimited

Rubricering
Vastgesteld door : Ing. B.J. van Maaren
Vastgesteld d.d. : 18 september 1997

Titel : Ongerubriceerd
Managementuitreksel : Ongerubriceerd
Samenvatting : Ongerubriceerd
Rapporttekst : Ongerubriceerd

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onderzoeks-
opdrachten aan TNO dan wel de
betreffende ter zake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Exemplaar nr. : 9
Oplage : 20
Aantal pagina's : 19 (excl. RDP & distributielijst)
Aantal bijlagen : -

© 1997 TNO

DTIC QUALITY INSPECTED 3

TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium is onderdeel
van de hoofdgroep TNO Defensieonderzoek
waartoe verder behoren:

TNO Prins Maurits Laboratorium
TNO Technische Menskunde



Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

19980415 064

Managementuittreksel

Titel : Bistatische radar als concept voor een Wapen Locatie Radar
Auteur(s) : Ir. M.H.A. Paquay
Datum : oktober 1997
Opdrachtnr. : A94KL783
IWP-nr. : 760.1
Rapportnr. : FEL-97-A214

In het kader van de toekomstige actieve doelopsporingsmiddelen volgt DMKL de ontwikkelingen op de radarmarkt. Daarbij is naar voren gekomen dat één van de kandidaat opvolgers van de Amerikaanse Wapen Locatie Radar AN/TPQ-37 gebruik maakt van het bistatische radarconcept waarbij zender en ontvanger ruimtelijk gescheiden zijn opgesteld. Alhoewel het bistatische concept een aantal voordelen heeft, zijn er nog vrijwel geen systemen op de markt. In dit rapport wordt gekeken naar het principe van de bistatische radar en een aantal mogelijke uitvoeringen om zodoende een indruk te geven van de toepasbaarheid van het concept.

Een van de in het oog springende voordelen van een bistatische radar is dat met name het ontvangerdeel minder kwetsbaar is voor Anti-Radiation Missiles en stoorzenders. Het feit dat dit aantrekkelijke concept tot op heden nauwelijks gerealiseerd is, is te verklaren uit de complexiteit ervan. De huidige state-of-the-art componenten en processoren zijn beslist nodig voor een praktische realisatie van een dergelijk systeem.

Als één van de belangrijkste nadelen komt naar voren dat er een Line-of-Sight verbinding moet bestaan tussen zender en ontvanger. Dit kan de locatiekeuze danig beperken.

De plaatsbepaling is bij een bistatische radar veel complexer dan bij een monostatische radar. In sommige concepten kunnen dubbelzinnigheden optreden die kunnen resulteren in valse doellocaties. De beschikbare literatuur geeft geen duidelijke oplossingen voor dit probleem. Bij een systeemevaluatie zal hier aandacht aan moeten worden geschonken.

Alhoewel het bistatische radar-concept reeds lang bekend is, is de praktische realisatie nog relatief nieuw. Of en hoe een aantal technische problemen zijn opgelost en welke beperkingen deze oplossingen kunnen hebben voor operationeel gebruik zal voor concrete ontwerpen specifiek bekeken moeten worden.

Al met al kan geconcludeerd worden dat de ontwikkeling van een bistatisch radarsysteem zich nog in een prematuur stadium bevindt. Een kritische houding is dan ook zonder meer aan te raden, met name voor een toepassing als Wapen Locatie Radar. Alhoewel een marktintroductie binnen enkele jaren tot de

mogelijkheden behoort, is de verwachting dat pas op zijn vroegst over 10-15 jaar gesproken kan worden van een 'proven concept'.

Op de vraag of bistatische radar gezien moet worden als hét concept voor de toekomst is in dit stadium nog geen eenduidig antwoord te geven. Naast aantrekkelijke voordelen kleven er ook een aantal niet te onderschatten nadelen aan dit principe. De beantwoording van de vraag hangt af van de oplossingen die gevonden worden voor de praktische problemen. Het antwoord op de vraag luidt derhalve: 'Indien de conceptuele problemen op een praktisch aanvaardbare manier worden opgelost: Ja.'

Samenvatting

Een van de kandidaat opvolgers van de Mortier Opsporings Radar AN/TPQ-36 is gebaseerd op het bistatische radarconcept. Een van de in het oog springende voordelen is de verminderde kwetsbaarheid voor ARM's en ECM.

De huidige state-of-the-art componenten en processoren zijn nodig voor een praktische realisatie van dit complexe concept. In dit rapport wordt gekeken naar de principes van bistatische radar en de daarmee samenhangende eigenschappen.

In een systeem-evaluatie zal aandacht besteed moeten worden aan enkele fundamentele technische problemen.

Inhoud

| | | |
|-----|----------------------------------|----|
| 1. | Introductie | 6 |
| 1.1 | Begripsbepaling | 6 |
| 2. | Principe | 7 |
| 2.1 | Historie | 7 |
| 2.2 | Synchronisatie | 7 |
| 2.3 | Detectie en plaatsbepaling | 8 |
| 2.4 | EOV-aspecten | 15 |
| 3. | Conclusies | 16 |
| 4. | Referenties | 17 |
| 5. | Afkortingen | 18 |
| 6. | Ondertekening | 19 |

1. Introductie

In de V.S. wordt momenteel gewerkt aan de opvolger van de Artillerie Opsporings Radar AN/TPQ-37. Een van de kandidaten gaat uit van het bistatische radar-concept. De opzet is dat de makkelijk opspoorbare zender wordt uitgevoerd als een low-cost unit. Deze unit kan eventueel zelfs onbemand zijn. De ontvanger, met de processing en het personeel, tezamen de high-value target, is vrijwel niet op te sporen door ESM-apparatuur of radar zoekende missiles (ARM's) en daardoor minder kwetsbaar. Dit operationele voordeel is duidelijk. Andere voor- en nadelen liggen minder voor de hand. Dit rapport poogt een antwoord te geven op de vraag of het bistatische radar-concept gezien moet worden als het systeem van de toekomst, waarvan de praktische realisatie nu pas mogelijk wordt door de technologische ontwikkelingen, of dat er fundamentele beperkingen zijn.

1.1 Begripsbepaling

Ieder radarsysteem dat aparte antennes heeft voor zenden en ontvangen is in principe bistatisch. Bij quasi-bistatische (of quasi-monostatische, deze termen zijn equivalent) systemen staan deze antennes kort bij elkaar. Een duidelijk voorbeeld zijn de (FM)-CW radarsystemen. Deze worden hier buiten beschouwing gelaten. Bij de bistatische concepten die hier beschouwd worden, wordt verondersteld dat de zender en ontvanger fysiek gescheiden zijn, meestal met een grote tussenruimte. Er moet duidelijk sprake zijn van twee aparte systemen. De ordegrootte van de tussenruimte is sterk afhankelijk van de toepassing. Voor Wapen Locatie Radars moet gedacht worden aan 100-1000 m of meer.

2. Principe

2.1 Historie

De eerste experimentele radars waren bistatische radars omdat men gescheiden componenten gebruikte voor zenden en ontvangen. Ook in Nederland zijn dergelijke experimenten uitgevoerd door het toenmalige Fysisch Laboratorium TNO. Men wilde een verbinding tot stand brengen van het strand naar een duinpan. Dit lukte slechts incidenteel waarbij het na enige tijd opviel dat dit altijd samenhang met de aanwezigheid van vogels boven de duinen. Aldus kwam men erachter dat objecten te detecteren waren met radiogolven, het principe van radar. Met de uitvinding van de duplexer in 1936 werd het mogelijk om een monostatische radar te bouwen. Men kon nu ook super-heterodyne ontvangers toepassen met een smalle bandbreedte en door dezelfde Local Oscillator (LO) te gebruiken als voor de opwekking van het zendsignaal was de ontvanger automatisch afgestemd op zender. Bovendien kon met de zendpuls het ontvangstcircuit getriggerd worden waardoor looptijdbepaling vrij simpel was.

Het bistatische concept is weer in de belangstelling gekomen o.a. door de volgende aspecten:

- Door zender en ontvanger te scheiden wordt de ontvanger vrijwel ondetecteerbaar. Deze wordt daardoor minder kwetsbaar voor radar-zoekende projectielen en stoorzenders.
- De radardoorsnede (RCS) van objecten is wel te minimaliseren voor monostatische reflecties (in de richting van de zender) maar het minimaliseren van de bistatische RCS is ondoenlijk wegens de vele combinaties van invalshoeken en reflectiehoeken. Derhalve zou een bistatische radar in staat kunnen zijn 'Stealth'-objecten te detecteren die voor een monostatische radar vrijwel onzichtbaar zijn geworden.

Voor een Wapen Locatie Radar is voornamelijk het eerste aspect van belang.

2.2 Synchronisatie

Het automatisme waarmee bij een monostatische radar de ontvanger staat afgestemd op de zendfrequentie is verdwenen bij het bistatische concept. In principe zou de zender op een vaste frequentie ingesteld kunnen zijn en dan zou de ontvanger op dezelfde frequentie af te stemmen zijn, maar in de praktijk zal dit teveel beperkingen opleveren. Het systeem is dan te kwetsbaar voor stoorzenders. Indien de zender zijn frequentie verandert, dan zal dit doorgegeven moeten worden naar de ontvanger. Dit zal meestal draadloos geschieden aangezien het onpraktisch is om over kilometers afstand kabels te gaan leggen. Gezien de hoge RF-frequenties zal dit een straalverbinding zijn, hetgeen betekent dat er een directe

zichtverbinding (Line Of Sight, LOS) moet zijn tussen zender en ontvanger. Dit kan de keuze van opstelling behoorlijk beperken.

Indien de zender gepulst werkt, dan moet ook het moment van uitzending doorgegeven worden aan de ontvanger. Dit kan via een LOS-verbinding, maar het is ook mogelijk om zender en ontvanger te synchroniseren door middel van atoomklokken. Afgezien van de praktische problemen met die apparatuur, levert dat een weinig flexibel concept op. In de praktijk zal dat niet bruikbaar zijn.

De vereiste Line Of Sight verbinding voor het doorgeven van de transmissieparameters en synchronisatie vormt een belangrijke beperking voor het bistatische concept.

2.3 Detectie en plaatsbepaling

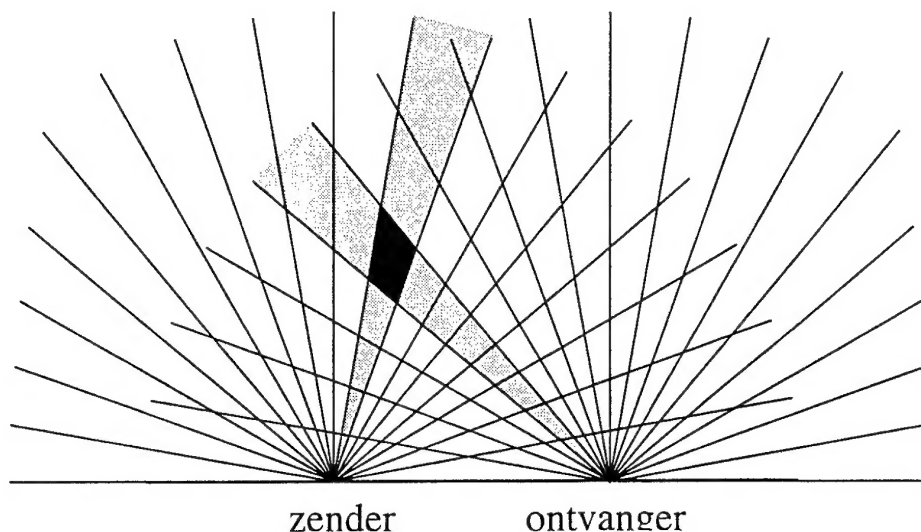
Bij een monostatische radar vindt detectie plaats als het object zich in de antennebundel bevindt. Een voorwaarde voor detectie bij een bistatische radar is dat het doel zich zowel in de zendbundel als in de ontvangsbundel moet bevinden. Hiervoor zijn twee systeemconcepten mogelijk:

1. Zowel de zend- als de ontvangstantenne hebben een smalle bewegende bundel.
2. De zendantenne belicht de hele opsporingssector.

Plaatsbepaling vindt bij monostatische pulsradars plaats door de richting van de antennebundel en de looptijd van de puls. Bij bistatische radars is de plaatsbepaling gebaseerd op stereometrie (driehoeks meetkunde) waarbij de richtingen van de antennes en/of de looptijden een rol spelen.

2.3.1 Zender en ontvanger hebben een smalle bundel.

De radar-cel, het gebied waarin opsporing plaats kan vinden, wordt gevormd door de doorsnijding van de zend- en ontvangsbundel. Om een hele sector te bewaken dient het gebied cel voor cel afgezocht te worden (zie fig 2.1).



Figuur 2.1: radarcel bij een bistatische radar opstelling

Bij een monostatische radar wordt een radarcel begrensd door de bundelbreedte en de pulslengte. De echo's van alle achter elkaar liggende cellen kunnen probleemloos na elkaar ontvangen en geregistreerd worden. Het afzoeken van een sector ter grootte van 1 bundelbreedte kost dus de looptijd van 1 puls:

$$T_{\max} = \frac{2R_{\max}}{c} \quad (2.1)$$

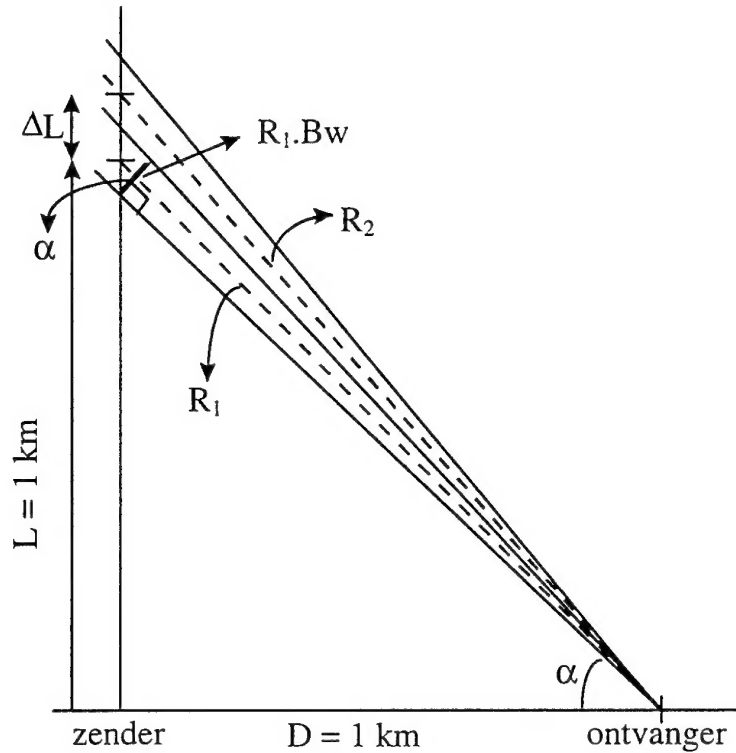
(c = lichtsnelheid)

Als men in het bistatische concept per radarcel 1 puls zou gebruiken, dan wordt de scantijd onacceptabel lang. Immers, daar waar een monostatische radar de horizon afzoekt met bv. 70 bundels heeft de bistatische radar bv 4000 cellen af te zoeken. ✓ Met 1 puls per cel duurt dit minuten.

Indien een bistatische radar dezelfde zoeksnelheid dient te hebben als de monostatische equivalent, dan dient de ontvangstbundel de cellen van de zendbundel af te lopen met de snelheid waarmee de puls deze doorloopt. Deze techniek heet 'pulse chasing' [1, 2]. Bij deze techniek moet de ontvangstbundel zeer snel geschakeld kunnen worden. Een rekenvoorbeeld ter illustratie:

✓ Weliswaar zullen zowel de zender en ontvanger 70 bundels hebben waardoor ca. 5000 combinaties mogelijk zijn, maar niet bij alle combinaties zullen de zendbundel en ontvangstbundel elkaar overlappen. Bv. als de zender naar links straalt en de ontvanger naar rechts kijkt is er geen overlap en dus geen radarcel.

Veronderstel dat de zender en ontvanger 1 km uit elkaar staan. Neem verder aan dat de bundelbreedte van de ontvanger 1° is en ga uit van een minimale range van 1 km. In dit voorbeeld staat de zendbundel loodrecht op de basislijn tussen zender en ontvanger (zie figuur 2.2).



Figuur 2.2: Illustratie van rekenvoorbeeld 'pulse chasing'

In bovenstaande figuur geldt:

$$R_1 = \sqrt{D^2 + L^2} \quad (2.2)$$

$$R_2 = \sqrt{D^2 + (L + \Delta L)^2} \quad (2.3)$$

ΔL is de projectie van de ontvangstbundel op de zendrichting. De bundelbreedte aldaar is $R \cdot Bw$ (Bw = beamwidth in rad). Geprojecteerd op de zendrichting wordt dit:

$$\Delta L = \frac{R \cdot Bw}{\cos \alpha} = \frac{R \cdot Bw}{D/R} = R^2 \frac{Bw}{D} = 35 \text{ m} \quad (2.4)$$

De totale looptijd voor een reflectie in de cel op afstand L is:

$$\tau_1 = \frac{L}{c} + \frac{R_1}{c} \quad (2.5)$$

De looptijd voor de volgende cel is:

$$\tau_2 = \frac{L + \Delta L}{c} + \frac{R_2}{c} \quad (2.6)$$

Het verschil is $\tau_2 - \tau_1 = 0,2 \mu\text{sec}$ voor $L = 1 \text{ km}$.

De schakeltijden voor de bundel dienen dus maximaal $0,2 \mu\text{sec}$ te zijn. Het is nog maar de vraag of dergelijke korte schakeltijden momenteel al haalbaar zijn, 'off the shelf' producten zijn hiervoor, voor zover bekend, nog niet beschikbaar. De pulslengte mag ook maximaal $0,2 \mu\text{sec}$ zijn. Op grotere afstanden worden deze tijden veel langer. Op 10 km is dit bv. $11,7 \mu\text{sec}$. De afmeting van de radarcel is daar ca. $1,7 \text{ km}$. In feite zou de bundelbreedte moeten veranderen met de afstand: breed op korte afstand, smal op de lange afstand. Dit zou te realiseren zijn door antenne-elementen bij te schakelen gedurende de looptijd van de puls. De lagere gain hoeft op korte afstand geen probleem te zijn. Het nadeel is dat er grote antennes nodig zijn om een kleine bundelbreedte te krijgen. Ter illustratie: Voor een bundelbreedte van $0,2^\circ$ bij een frequentie van 10 GHz is een antenne nodig van ca. $7,5 \text{ m}$. Dit geldt zowel voor azimut en elevatie (breedte en hoogte van antenne).

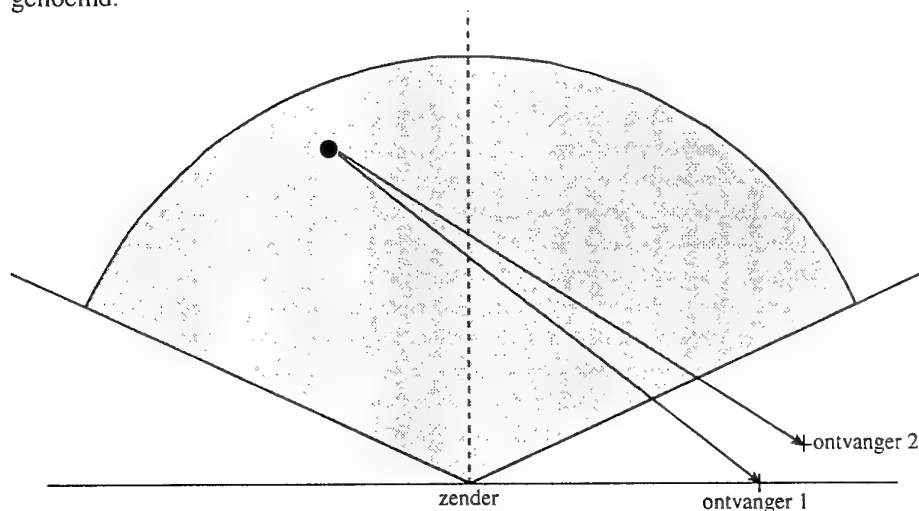
Het moge duidelijk zijn dat een en ander nauw luistert en dat vooral de coördinatie tussen zender en ontvanger cruciaal is. Indien de posities van de antennes verkeerd worden ingegeven of de uitrichting van de antennes afwijkt, dan kan het gebeuren dat de ontvangstbundel achter de puls aanjaagt, d.w.z. een andere cel bekijkt dan diegene die op dat moment belicht wordt. De juiste coördinatie vergt enige processing. De richting van de zendbundel moet dus gestuurd worden door de processor hetgeen een communicatielink van ontvanger naar zender noodzakelijk maakt. Indien deze link om welke reden dan ook gestoord wordt, dan werkt het hele systeem niet meer.

Het is mogelijk dat het bistatische concept niet eerder realiseerbaar was vanwege de vereiste processingsnelheid, de snelheid van de bundelsturing en de nauwkeurigheid van positiebepaling. Wat dit laatste betreft: in de formules voor de plaatsbepaling blijken de coördinaten lineair afhankelijk te zijn van de afstand tussen de antennes [3]. Een fout van 1% in de positiebepaling (10 m op 1 km) levert dus ook 1% fout op in de plaatsbepaling (100 m op 10 km). Met de huidige Differential GPS-systemen is de onderlinge positiebepaling met voldoende nauwkeurigheid mogelijk.

Al met al kan gezegd worden dat 'pulse chasing' niet het meest aantrekkelijke concept is.

2.3.2 De zendantenne belicht de hele opsporingssector

Een ander concept berust op een zendantenne die de hele opsporingssector belicht. Deze zender kan nu volledig autonoom werken. Aan de ontvangstzijde zijn nu twee (gekoppelde) ontvangers nodig. Dit wordt ook wel een multi-statische radar genoemd.



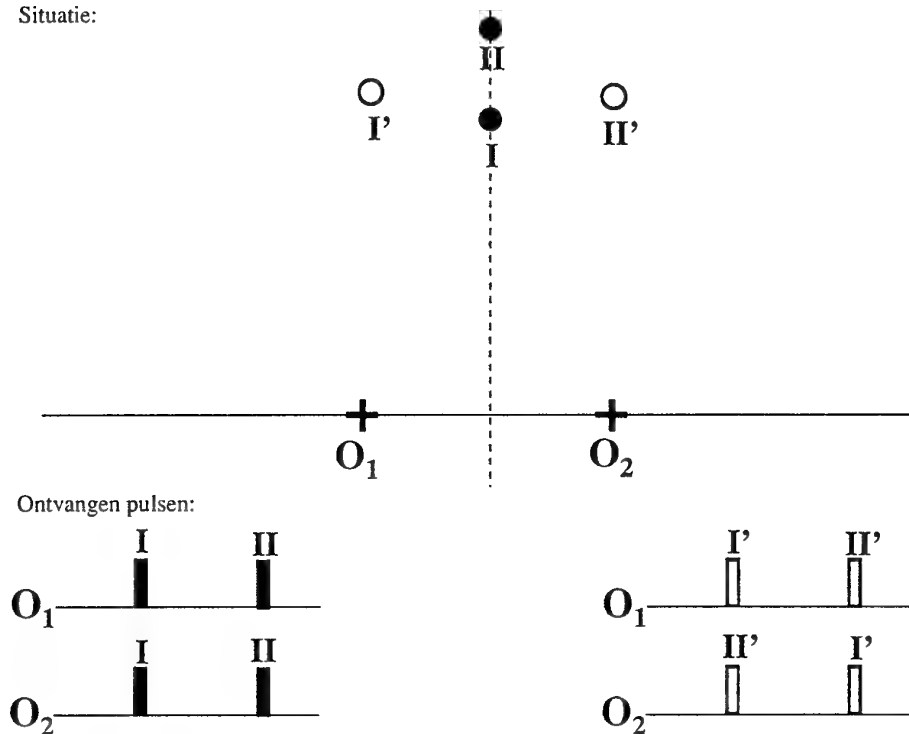
Figuur 2.3: Bistatische radar configuratie met autonome zender en twee ontvangers

De twee ontvangers kunnen weer met twee smalle bundels het gebied afzoeken. De zender zou in dit geval een CW-signaal kunnen uitzenden. Het zoeken kan in dit geval behoorlijk snel gaan aangezien looptijden nu vrijwel geen rol spelen. Echter, enerzijds zal men de afstand tussen de ontvangers klein willen houden vanwege de noodzakelijke verbindingen, anderzijds neemt de nauwkeurigheid toe met de afstand tussen de ontvangstantennes. Ter illustratie: indien de twee ontvangers 10 meter uit elkaar staan en men wil een doel op 10 km met een nauwkeurigheid van 100 m (1%) localiseren dan dienen de hoeken met $0,01 \text{ mrad}$ ($= 0,5 \times 10^{-3}$ graad) bepaald te worden. Dit is vrijwel niet te realiseren en om deze reden wordt deze zogenaamde θ - θ -bepaling voor (vliegtuig)navigatiesystemen sterk ontraden.

Een andere mogelijkheid is het gebruik maken van looptijden. De zender moet in dit geval weer pulsen uitzenden. Het looptijdverschil van de echo naar de twee ontvangers levert een hyperbolische kromme op met de twee ontvangers als brandpunten. Eén hyperbool levert geen eenduidige plaatsbepaling op zodat van minstens 3 antennes gebruik moet worden gemaakt. Een derde antenne is verder ook noodzakelijk voor het verkrijgen van hoogte-informatie. Mogelijk zullen in de praktijk nog meer antennes worden toegepast ter verhoging van de nauwkeurigheid. De meest praktische uitvoering is een systeem waarbij de ontvangers geïntegreerd zijn op 1 voertuig. Aangezien de ontvangers gevoelig moeten zijn voor een brede sector zullen de antennes relatief klein zijn. In de navigatietechniek staat een dergelijke bepaling bekend als een 'p-p-bepaling' en wordt o.a. toegepast in systemen zoals GPS en LORAN.

Een complicatie bij dit concept is de multi-target situatie. In deze situatie kunnen dubbelzinnigheden optreden bij de locatiebepaling. De onderstaande figuur illustreert dit. O_1 en O_2 zijn de ontvangers. De zender is weggelaten om het geheel inzichtelijk te houden. De zender is in dit geval niet essentieel, er wordt verondersteld dat alle doelen gelijktijdig belicht worden. Uit de dezelfde ontvangen pulsen zijn twee multi-target configuraties op te maken. Indien het algoritme besluit dat de gelijktijdig ontvangen pulsen bij elkaar horen (situatie linksonder) dan horen daar de doelen I en II bij. Indien echter de eerste puls van O_1 en de laatste puls van O_2 gecombineerd wordt en omgekeerd (situatie rechtsonder), dan horen daar de doelslocaties I' en II' bij. In één van beide gevallen zijn de doellocaties dus foutief. De literatuur geeft weinig informatie over algoritmes die gebruikt worden om in zo'n multi-target omgeving de valse doelen te discrimineren.

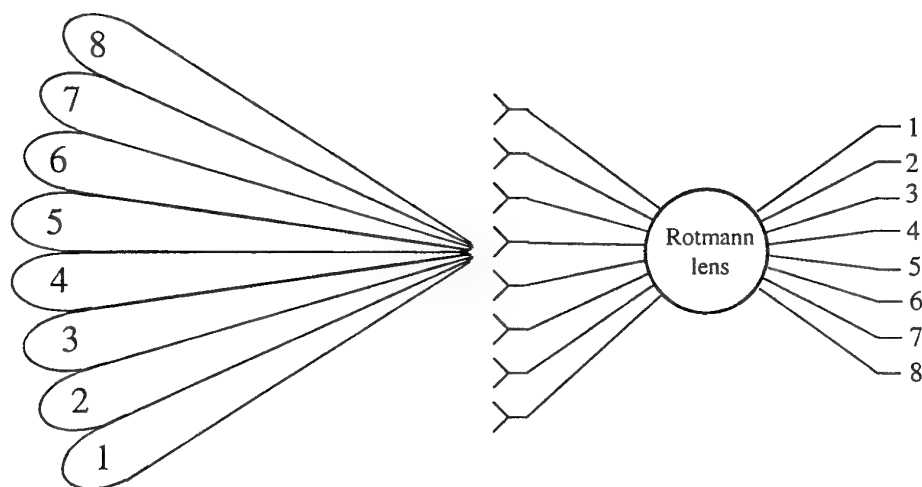
Situatie:



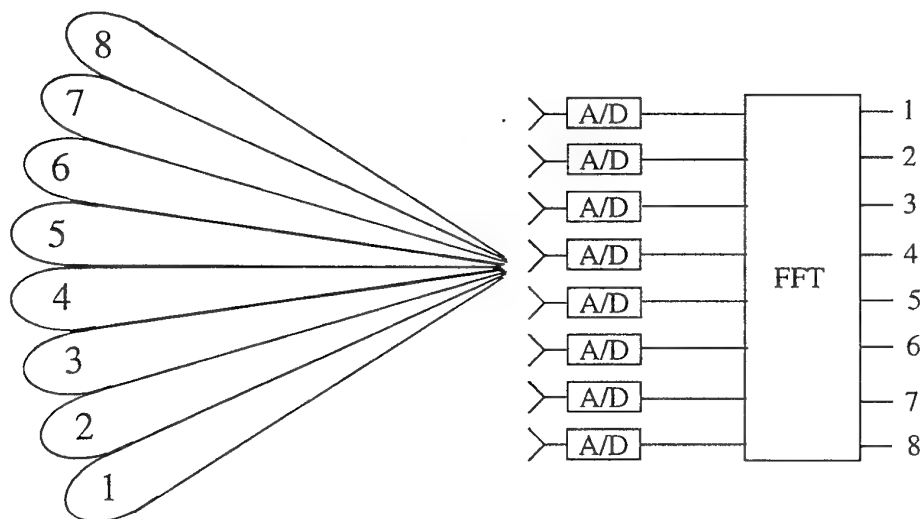
Figuur 2.4: Dubbelzinnigheden in een multi-target situatie

In theorie is het ook mogelijk om gebruik te maken van een combinatie van hoek- en afstandsinformatie. Dit zijn in navigatietermen de 'p- θ ' systemen. In feite is de monostatische radar hiervan een goed voorbeeld. Maar in het bistatische geval is dit natuurlijk ook mogelijk. In [3] staat een overzicht met de formules voor de diverse combinaties.

Hoekinformatie wordt over het algemeen verkregen uit de bundelrichting. Dit houdt echter niet per definitie een scannende bundel in met de bijbehorende lange zoektijden. Het is ook mogelijk om multibeam antennes in te zetten. Dit zijn array-antennes waarbij er per ontvangstrichting een ontvangstkanaal is. Dit kan zowel hardware- als software-matig worden gedaan. Figuur 2.5 toont een hardware-oplossing met een Rotmann-lens, figuur 2.6 toont een software-oplossing zoals die in de SMART-antennes van Hollandse Signaal Apparaten wordt toegepast.



Figuur 2.5: Multibeam-antenne door toepassing van een Rotmann-lens



Figuur 2.6: Multibeam principe van de SMART-antennes

2.4 EOV-aspecten

De gevoeligheid van een bistatische radar voor stoorzenders is geringer dan de gevoeligheid van een monostatische radar. Een ESM-ontvanger kan weliswaar de zender opsporen en zijn ECM-zender daar op richten, maar daar heeft de ontvanger weinig last van. Om een bistatische radar te storen dient de ECM-zender een brede sector te storen en dit kost veel energie. De enige kwetsbare plek vormt de verbinding tussen zender en ontvanger(s). De antennes voor deze link zijn over het algemeen niet gericht naar vijandelijk gebied zodat alleen storing via de zijlussen kan binnendringen en ook dat vergt weer veel energie van de stoorzender.

3. Conclusies

- Een bistatische radar heeft voordelen als het aan komt op de kwetsbaarheid door Anti-Radiation Missiles en de gevoeligheid voor stoorzenders.
- Het technische concept is veel gecompliceerder dan de monostatische equivalent. Het is zeer wel mogelijk dat de huidige state-of-the-art componenten en processors vereist zijn om een bistatische radar te realiseren.
- Voor de meeste bistatische concepten zal er een Line-Of-Sight verbinding tussen zender en ontvanger moeten bestaan vanwege onderlinge communicatie en synchronisatie. Dit kan de locatiekeuze danig beperken.
- Een multistatische radar, gebaseerd op meerdere gekoppelde ontvangers die de looptijdverschillen van een echo bepalen is aantrekkelijker en haalbaarder dan het 'pulse chasing' concept waarbij zender en ontvanger de opsporingssector moeten afzoeken. Het multistatische concept kan wel last hebben van dubbelzinnigheden bij de locatiebepaling.

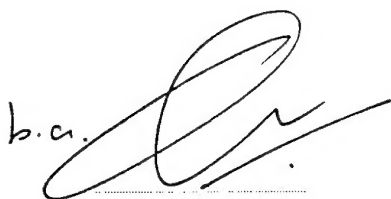
4. Referenties

- [1] Snieder J., 'Pulse chasing in a bistatic radar', Physisch Laboratorium TNO, rapport IR 1980-53, September 1980
- [2] Hanle E., 'Survey of bistatic and multistatic radar', IEE Proceedings, Vol. 133, Pt. F, no. 7, december 1986, pp. 587-595
- [3] Caspers J.M. 'Bistatic and Multistatic Radar' in Skolnik M.I., 'Radar Handbook', McGraw-Hill NY, 1970, chapter 36.

5. Afkortingen

| | |
|-----|-----------------------------|
| ARM | Anti Radiation Missile |
| CW | Continuous Wave |
| ECM | Electronic Counter Measures |
| ESM | Electronic Support Measures |
| FM | Frequency Modulation |
| GPS | Global Positioning System |
| LO | Local Oscillator |
| LOS | Line Of Sight |
| RCS | Radar Cross Section |

6. Ondertekening

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'H' and 'R' followed by a horizontal line.

Ir. H.R. van Es
Groepsleider

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'P' and 'A' followed by a horizontal line.

Ir. M.H.A. Paquay
Projectleider/Auteur

**REPORT DOCUMENTATION PAGE
(MOD-NL)**

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1. DEFENCE REPORT NO (MOD-NL) TD97-0144 | 2. RECIPIENT'S ACCESSION NO | 3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO FEL-97-A214 |
| 4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO 6024561 | 5. CONTRACT NO A94KL783 | 6. REPORT DATE October 1997 |
| 7. NUMBER OF PAGES 19 (excl RDP & distribution list) | 8. NUMBER OF REFERENCES 3 | 9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED |
| 10. TITLE AND SUBTITLE Bistatische radar als concept voor een Wapen Locatie Radar (Bistatic Radar as a concept for an Weapon Locating Radar) | | |
| 11. AUTHOR(S) M.H.A. Paquay | | |
| 12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Physics and Electronics Laboratory, PO Box 96864, 2509 JG The Hague, The Netherlands Oude Waalsdorperweg 63, The Hague, The Netherlands | | |
| 13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) Royal Netherlands Army DMKL/ART/LUA, Van der Burchlaan 31, 2597 PC The Hague, The Netherlands | | |
| 14. SUPPLEMENTARY NOTES The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified, Stg. Confidentieel is equivalent to Confidential and Stg. Geheim is equivalent to Secret. | | |
| 15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE)) <p>One of the candidate successors of the Artillery Locating Radar AN/TPQ-37 is based on the bistatic radar concept. One of the apparent advantages is the invulnerability for ARM's and ECM</p> <p>Probably, state of the art components and processors are needed to realize this complex concept. This report looks into the principles of bistatic radar and the allied properties.</p> <p>In a system evaluation, attention has to be paid to the applied solutions for some basic technical problems.</p> | | |
| 16. DESCRIPTORS Bistatic radar Mortar locator radar | IDENTIFIERS Artillery locator radar | |
| 17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) Ongerubriceerd | 17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) Ongerubriceerd | 17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) Ongerubriceerd |
| 18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT Unlimited Distribution | 17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) Ongerubriceerd | |

Distributielijst

1. Bureau TNO Defensieonderzoek
2. Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling^{*)}
3. HWO-KL
4. HWO-KLu^{*)}
5. HWO-KM^{*)}
6. HWO-CO^{*)}
- 7 t/m 9. KMA, Bibliotheek
- 10 en 11. DMKL/ART/LUA, t.a.v. Ing. B.J. van Maaren
12. Directie TNO-FEL, t.a.v. Dr. J.W. Maas
13. Directie TNO-FEL, t.a.v. Ir. J.A. Vogel, daarna reserve
14. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan M&P^{*)}
15. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. C. Eberwijn
16. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. H.R. van Es
17. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. M.R. Woestenburg^{*)}
18. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. M.H.A. Paquay
19. Documentatie TNO-FEL
20. Reserve

TNO-PML, Bibliotheek^{**)}

TNO-TM, Bibliotheek^{**)}

TNO-FEL, Bibliotheek^{**)}

Indien binnen de krijgsmacht extra exemplaren van dit rapport worden gewenst door personen of instanties die niet op de verzendlijst voorkomen, dan dienen deze aangevraagd te worden bij het betreffende Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek of, indien het een K-opdracht betreft, bij de Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling.

^{*)} Beperkt rapport (titelblad, managementuittreksel, RDP en distributielijst).

^{**)} RDP.